

электроэнергия, но и сокращается пиковая нагрузка в системе электро-снабжения.

1. Кожушко Г.М. О необходимости разработки государственной политики по экономии электроэнергии на освещение // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-техн. сб. Вып.22. – К.: Техніка, 2000. – С.213-217.

2.Миллс Э. Государственная политика и программы США в области энергоэффективного освещения // Светотехника. – 1995. – №3. – С.10-15.

3.Айзенберг Ю.Б. О предложениях к программе энергосбережения в осветительных установках // Светотехника. – 1996. – №5-6. – С.20-23.

4.Кожушко Г.М. Об эффективности использования компактных люминесцентных ламп // Вісник національного технічного університету ХПІ. Вип.17. – Харків: НТУ ХПІ, 2001. – С.88-90.

5.Овчинников С.С., Гриб О.Г., Сапрыка А.В., Полищук В.Н. Качество электрической энергии в осветительных и облучательных установках // Материалы Всеукр. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы энерго-, ресурсосбережения жилищно-коммунального хозяйства». – Алушта, АР Крым, 2005. – С.152-154.

Получено 30.03.2006

УДК 628.16

Н.А.УКРАИНЕЦ, В.И.СОКОЛЬНИК, кандидаты техн. наук,
А.В.ВОРОПАЕВА

Запорожская государственная инженерная академия

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛНОЙ ЗАМЕНЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПЛАСТМАССОВЫЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Приводится технико-экономическая оценка использования пластмассовых труб при реконструкции водопроводных сетей. Рассматриваются гидравлические характеристики отдельных участков водопроводной сети в зависимости от системы подачи и распределения воды. Дан сопоставительный анализ стоимости вариантов замены металлических труб на пластмассовые.

Обеспечение надежности работы водопроводной сети является одной из главных задач систем водоснабжения. Обоснование варианта реконструкции водопроводных сетей с использованием пластмассовых труб позволяет выбрать оптимальное решение данной проблемы с минимальными капитальными и эксплуатационными затратами [1, 2].

Анализ исследований, выполненных в этом направлении А.Я.Наймановым, В.А.Петросовым, С.С.Душкиным [1, 3-5] и др., показывает, что система подачи и распределения воды из металлических трубопроводов имеет относительно небольшой срок эксплуатации и со временем требует замены. Замена существующих трубопроводов на трубопроводы из тех же материалов очень трудоёмкая и дорогостоящая операция, которая к тому же создаёт определённые трудности

нормальной жизнедеятельности города. Разработанные методы бес-траншейной прокладки металлических трубопроводов свободны от ряда недостатков траншейной прокладки, но весьма дороги и не везде применимы. Более перспективной представляется бестраншейная прокладка пластмассовых трубопроводов вместо металлических. Особенно эффективен метод протаскивания внутрь существующего металлического трубопровода пластмассового. Однако при этом реальный диаметр водопроводной линии уменьшается, что при пропуске необходимого расчётного расхода неизбежно приведёт к возрастанию потерь напора в сети и необходимости увеличения напора насосных станций. Это противоречие несколько смягчается тем, что удельное сопротивление пластмассовых трубопроводов меньше удельного сопротивления металлических трубопроводов. Поэтому практический интерес представляет рассмотрение вопроса изменения гидравлических характеристик отдельных участков водопроводных сетей и системы подачи и распределения воды в целом при их реконструкции, а также сопоставительный анализ стоимости разных её вариантов.

Задача решается в следующей последовательности:

- выбор возможных вариантов реконструкции;
- гидравлические расчёты по выбранным вариантам;
- сравнение результатов выполненных расчётов с параметрами существующей системы подачи и распределения воды;
- технико-экономические расчёты и анализ их результатов.

Объектом исследования стала система подачи и распределения воды города, состоящего из трех районов с 10-, 5- и 1-2-этажными зданиями. Водопроводная сеть города выполнена из чугунных трубопроводов. В ходе исследования был рассмотрен метод реконструкции "труба в трубе". Этот метод заключается в протаскивании во внутреннюю полость ремонтируемого трубопровода новой трубы из полиэтилена с наружным диаметром меньше внутреннего диаметра ремонтируемого участка.

После замены металлических трубопроводов на пластмассовые, диаметр которых выбран максимально возможным для осуществления протаскивания внутри существующего трубопровода, потери напора на участках возрастают. Сопоставление удельного сопротивления металлических трубопроводов (чугунных и стальных) с удельным сопротивлением пластмассовых приведено в табл.1, 2.

Как видно из табл.1, 2, удельные сопротивления после замены металлических трубопроводов на пластмассовые меньшего диаметра возрастают на 60-110% для чугунных трубопроводов и на 20-117% –

для стальных.

Таблица 1 – Сопоставление удельного сопротивления чугунных и пластмассовых трубопроводов

Диаметр чугунного трубопровода $D_{\text{чуг}}$, мм		Удельное сопротивление для чугунных труб, $S_0 \text{ чуг}$ (для Q в $\text{м}^3/\text{с}$)	Наружный диаметр пластмассового трубопровода $D_{\text{нар.пл}}$, мм	Удельное сопротивление для пластмассовых труб, $S_0 \text{ пл}$ (для Q в $\text{м}^3/\text{с}$)	$S_0 \text{ пл}/S_0 \text{ чуг}$
$D_{\text{нар}}$	$D_{\text{вн}}$				
222	203	8,092	180	15,579168	1,93
274	254	2,528	225	4,866624	1,93
326	304	0,9485	280	1,550112	1,63
378	354	0,4365	315	0,841056	1,93
429	404	0,2189	355	0,447552	2,04
481	453	0,1186	400	0,240192	2,03
532	503	0,06778	450	0,129696	1,91
635	603	0,02596	560	0,041328	1,59
738	703	0,01154	630	0,0223488	1,94
842	803	0,005669	710	0,0119616	2,11
945	903	0,003047	800	0,0064128	2,10
1048	1003	0,00175	900	0,003456	1,98

Таблица 2 – Сопоставление удельного сопротивления стальных и пластмассовых трубопроводов

Диаметр стального трубопровода $D_{\text{чуг}}$, мм		Удельное сопротивление для стального трубопровода $S_0 \text{ чуг}$ (для Q в $\text{м}^3/\text{с}$)	Наружный диаметр пластмассового трубопровода $D_{\text{нар.пл}}$, мм	Удельное сопротивление для пластмассового трубопровода $S_0 \text{ пл}$ (для Q в $\text{м}^3/\text{с}$)	$S_0 \text{ пл}/S_0 \text{ ст}$
$D_{\text{нар}}$	$D_{\text{вн}}$				
219	209	6,959	200	9,0182592	1,30
273	260	2,187	250	2,803152	1,28
325	311	0,8466	280	1,550112	1,83
377	363	0,3731	355	0,447552	1,20
426	412	0,1907	400	0,240192	1,26
480	466	0,09928	450	0,129696	1,31
530	516	0,05784	500	0,0747168	1,29
630	616	0,02262	600	0,0345216	1,53
720	706	0,01098	630	0,0223488	2,04
820	804	0,005514	710	0,0119616	2,17
920	904	0,002962	800	0,0064128	2,17
1020	1004	0,001699	900	0,003456	2,03

Причём на реконструируемых участках с диаметрами 300-900 мм потери напора после реконструкции возрастают на 48-92%, а на участках с диаметрами 200-250 мм – на 63-110%. Но это возрастание потерь напора на отдельных участках приводит в общем по системе водо-

снабжения к увеличению напора насосной станции на 15%, что в свою очередь требует замены всего насосного оборудования на более мощное.

Чтобы уменьшить потери напора, необходимо снизить общее сопротивление сети. Для оценки влияния схем реконструкции на снижение общего сопротивления были рассмотрены варианты полной замены металлических трубопроводов на пластмассовые бестраншейными методами с прокладкой дополнительных линий, позволяющих перераспределить потоки и снизить нагрузку на основные магистрали. Дополнительные линии также выполнены из пластмассы, но прокладываются традиционными (раскопными) методами. Анализ результатов свидетельствует, что потери напора существенно не уменьшаются, а напор насосной станции для этих вариантов возрастает на 12%.

При реконструкции всей сети увеличение потерь напора вследствие сокращения диаметра водопроводных линий не перекрывается меньшим значением удельного сопротивления пластмассовых трубопроводов.

Поэтому было рассмотрено пять методов реконструкции сети:

вариант 1 – полная замена металлических трубопроводов на пластмассовые бестраншейными методами;

вариант 2 – полная замена металлических трубопроводов на пластмассовые бестраншейными методами с прокладкой дополнительных линий вдоль магистрали (т.е. в две линии) традиционными методами;

вариант 3 – полная замена металлических трубопроводов на пластмассовые бестраншейными методами с прокладкой отдельной дополнительной линии традиционными методами (дополнительная линия соединяет два несоседних узла в кольце сети);

вариант 4 – полная реконструкция, где часть сети заменяется на пластмассовые трубопроводы бестраншейными методами (преимущественно в районах с избыточными напорами), а оставшаяся часть сети – на чугунные трубопроводы традиционными методами;

вариант 5 – полная замена существующих чугунных трубопроводов на новые траншейными методами.

Вариант 5 был рассмотрен для возможности сопоставления предлагаемых методов реконструкции с традиционными.

Технико-экономическое сравнение вариантов реконструкции выполнено по приведенным затратам. Приведенные затраты рассчитаны по формуле

$$Z_{\text{пр}} = E_n \cdot K + C, \quad (1)$$

где E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической

эффективности, для объектов водоснабжения $E_n = 0,15$; K – капитальные затраты на реконструкцию, грн; C – эксплуатационные затраты, грн.

Результаты расчётов эксплуатационных, капитальных и приведенных затрат по всем рассмотренным вариантам реконструкции приведены в табл.3.

Таблица 3 – Результаты технико-экономических расчётов

№ варианта реконструкции	Эксплуатационные затраты C , грн.	Капитальные затраты K , грн.	Приведенные затраты $Z_{пр}$, грн.
1	2 486 942	4 664 860	3 186 671
2	2 402 639	4 830 990	3 127 288
3	2 402 639	4 761 620	3 116 882
4	2 234 032	4 895 991	2 968 431
5	2 149 729	5 607 640	2 990 875

Как видно из табл.3, эксплуатационные затраты при полной реконструкции бестраншейными методами (варианты 1, 2 и 3) возрастают на 12-16% по сравнению с теми же затратами при реконструкции традиционными методами (вариант 5) в связи с ростом расходования электроэнергии. Капитальные затраты сокращаются всего на 15-17%. Это объясняется тем, что хотя экономия по капитальным затратам существенная, необходимость реконструкции насосной станции требует дополнительных капитальных затрат. С учётом распределения капитальных затрат на весь срок окупаемости увеличение затрат на электроэнергию не компенсируется сокращением затрат на прокладку трубопроводов. Поэтому приведенные затраты при полной замене всех металлических трубопроводов на пластмассовые превышают затраты на прокладку новых чугунных трубопроводов.

Прокладка дополнительных линий во 2-м и 3-м вариантах траншейными методами уменьшает эксплуатационные затраты и увеличивает капитальные, но в целом существенно не изменяет приведенные затраты по сравнению с 1-м вариантом реконструкции. Однако в оценку рассматриваемых вариантов следует включать также общегородские расходы, связанные с перекрытием проездов, усложнением и удорожанием проведения земляных и монтажных работ в условиях города, влияние на нормальную жизнедеятельность города, которые могут существенно повлиять на технико-экономические показатели.

При 4-м варианте реконструкции можно достичь снижения капитальных затрат на 13% при относительно небольшом (на 4%) росте эксплуатационных затрат. Сопоставление первых четырёх рассмотренных вариантов (табл.3) показывает, что последний из них требует

наибольших капитальных затрат. Это объясняется значительным ростом строительно-монтажных работ и стоимости новых чугунных трубопроводов. Однако, тем не менее, они меньше по сравнению с полной заменой старых чугунных трубопроводов на новые именно за счёт прокладки части сети бестраншейными методами. В данном случае сокращение капитальных затрат компенсирует увеличение расхода электроэнергии. А значит и приведенные затраты для этого варианта наименьшие.

При выполнении экономических расчётов выяснилось, что бестраншейные технологии позволяют снизить капитальные затраты на 50-75% по сравнению с традиционными раскопными технологиями.

Анализ результатов технико-экономического сравнения показывает, что варианты полной реконструкции сети с использованием пластмассовых трубопроводов увеличивают затраты на её эксплуатацию после реконструкции, а при частичной реконструкции величина роста этих затрат уменьшается. Но, если снизить стоимость электроэнергии на 14,3% (с 0,14 грн. до 0,12 грн. за 1 кВт·ч), то вариант полной замены металлических трубопроводов на пластмассовые бестраншейными методами (вариант1) будет наиболее экономичным.

Таким образом, полная замена металлических трубопроводов на пластмассовые бестраншейными методами приводит к увеличению затрат на электроэнергию. Снижение стоимости электроэнергии делает этот вариант реконструкции наиболее экономичным. Полная замена металлических трубопроводов на пластмассовые методом "труба в трубе" требует реконструкции насосной станции II-го подъёма с заменой насосного оборудования. Наиболее эффективным использование метода "труба в трубе" при реконструкции следует считать его применение на участках с избыточными напорами.

1. Найманов А.Я., Насонкина Н.Г., Маслак В.Н., Зотов Н.И. Основы надежности инженерных систем коммунального хозяйства. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2001. – 154 с.

2. Кір'янов В.М. Надійність гідромеліоративної системи. – Рівне: РДТУ, 2001. – 239 с.

3. Українець М.О., Сокольник В.І. Вдосконалення систем водопостачання. – Запоріжжя: ЗДІА, 2005. – 98 с.

4. Петросов В.А. Управление региональными системами водоснабжения. – Харьков: Основа, 1999. – 320 с.

5. Душкин С.С., Гриценко А.В., Внукова Н.В., Сорокина Е.Б. Водоснабжение, водоотведение и улучшение качества воды. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 154 с.

Получено 23.02.2006